

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC, MONTPELLIER II

Unité propre de recherche Système de culture bananiers, plantains, ananas

Deuxième année de Master parcours Biodiversité Végétale Tropicale

Effet des plantes de services sur la structuration du sol

Cas du *Stylosanthes guianensis* pour la décompaction du sol

Par **Durand Maxime**

Du 19 janvier au 19 juillet 2013

Sous la direction de:

M. GOVINDIN Jean-Claude

CIRAD – Station de Neufchâteau

97130 Capesterre-Belle-Eau

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC, MONTPELLIER II

Unité propre de recherche Système de culture bananiers, plantains, ananas

Deuxième année de Master parcours Biodiversité Végétale Tropicale

Effet des plantes de services sur la structuration du sol

Cas du *Stylosanthes guianensis* pour la décompaction du sol

Par **Durand Maxime**

Du 19 janvier au 19 juillet 2013

Sous la direction de:

M. GOVINDIN Jean-Claude

CIRAD – Station de Neufchâteau

97130 Capesterre-Belle-Eau

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 8 |
| 2. MATERIEL ET METHODES | 18 |
| 1. SITE DE L'ETUDE | 18 |
| 2. MATERIEL VEGETAL | 18 |
| 3. PREPARATION DE LA PARCELLE | 18 |
| 4. DESCRIPTION DU PEUPLEMENT | 20 |
| 4.1. BIOMASSE AERIENNE | 20 |
| 4.2. DESCRIPTION DU SYSTEME RACINAIRE | 20 |
| 4.2.1. Prélèvement d'échantillons de sol | 20 |
| 4.2.2. Profils racinaires | 20 |
| 4.2.3. Relation entre la biomasse racinaire et les profils racinaires | 22 |
| 4.2.4. Comparaison de la distribution théorique des racines par rapport à la distribution observée | 22 |
| 5. MESURE DE LA DENSITE APPARENTE ET DE LA TENEUR EN EAU DU SOL | 24 |
| 6. INFILTROMETRIE | 24 |
| 7. ANALYSES STATISTIQUES | 26 |
| 3. RESULTATS | 30 |
| 1. DESCRIPTION DU PEUPLEMENT | 30 |
| 1.1. BIOMASSE AERIENNE | 30 |
| 1.2. COMPARAISON DE LA MORPHOLOGIE RACINAIRE ENTRE DES CULTURES INDIVIDUELLES OU EN PEUPLEMENT | 30 |
| 1.3. RELATION ENTRE LA BIOMASSE RACINAIRE ET LES PROFILS RACINAIRES | 30 |
| 1.4. COMPARAISON DE LA DISTRIBUTION THEORIQUE DES RACINES PAR RAPPORT A LA DISTRIBUTION OBSERVEE (TABLEAU IV) | 32 |
| 2. INFLUENCE DE LA PROFONDEUR ET DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LA MORPHOLOGIE DES RACINES (TABLEAU V) | 32 |
| 2.1. INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LA DENSITE DE LONGUEUR DES RACINES (DLR) (TABLEAU VI) | 34 |
| 2.2. INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LA MASSE SECHE DES RACINES (TABLEAU VI) | 34 |
| 2.3. INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LA SURFACE TOTALE DES RACINES (TABLEAU VI) | 34 |
| 2.4. INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LE VOLUME TOTAL DES RACINES (TABLEAU VI) | 34 |
| 2.5. INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LE DIAMETRE MOYEN RACINAIRE (TABLEAU VI) | 34 |

| | | |
|------------------|--|------------------|
| 2.6. | INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LA LONGUEUR SPECIFIQUE DES RACINES (SRL) (TABLEAU VI) | 36 |
| 3. | INFLUENCE DE LA PROFONDEUR ET DE LA MODALITE DE LA PARCELLE SUR LES QUALITES PHYSIQUES DU SOL | 36 |
| 3.1. | INFLUENCE SUR LA DENSITE APPARENTE (TABLEAU VII) | 36 |
| 3.2. | INFLUENCE SUR LA TENEUR EN EAU (TABLEAU VIII) | 36 |
| 4. | INFILTROMETRIE | 38 |
| 4.1. | VARIATION DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA MODALITE DE LA PARCELLE | 38 |
| 4.2. | VARIATION DE LA POROSITE FONCTIONNELLE MOYENNE EN FONCTION DE LA MODALITE DE LA PARCELLE | 38 |
| <u>4.</u> | <u>DISCUSSION</u> | <u>40</u> |
| 1. | DESCRIPTION DU PEUPLEMENT | 40 |
| 1.1. | BIOMASSE AERIENNE | 40 |
| 1.2. | COMPARAISON DE LA MORPHOLOGIE RACINAIRE ENTRE DES CULTURES INDIVIDUELLES OU EN PEUPLEMENT | 40 |
| 2. | INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE ET DE LA PROFONDEUR SUR LA MORPHOLOGIE DES RACINES | 42 |
| 3. | INFLUENCE DE LA MODALITE DE LA PARCELLE ET DE LA PROFONDEUR SUR LES QUALITES PHYSIQUES DU SOL | 44 |
| 4. | INFILTROMETRIE | 44 |
| <u>5.</u> | <u>CONCLUSION</u> | <u>48</u> |

1. Introduction

La structure du sol est un élément-clé de son fonctionnement et de sa capacité à supporter la vie végétale (Bronick et Lal 2005). Parmi les facteurs qui influencent la structure du sol, la compaction est un problème particulièrement important pour la gestion des sols (Batey 2009). Ce dernier se définit par le processus par lequel les éléments du sol, soumis à une pression de compaction se réarrangent en diminuant les espaces vides (i.e. ils se rapprochent entre eux) en ayant comme effet une augmentation la densité apparente (Soil Science Society of America 1996).

N'importe quelle force exercée sur le sol est susceptible de le compacter. Cela peut s'effectuer naturellement ou par l'action de l'Homme. Les causes anthropiques les plus courantes sont l'utilisation de véhicules lourds et le piétinement des parcelles (Kozlowski 1999; Hamza et Anderson 2005). Les effets de la compaction du sol sont plus élevés sur la couche superficielle jusqu'à 30cm de profondeur.

Lorsque la compaction du sol augmente, la porosité diminue (i.e. le volume des pores d'un échantillon de sol par rapport au volume total de l'échantillon ; Soil Science Society of America 1996). Les pores les plus larges (i.e. dont le diamètre est supérieur à 500µm) sont essentiels pour la circulation et le stockage des fluides dans le sol (Lipiec et Hatano 2003; Lesturgez, Poss *et al.* 2004). Ces derniers ont tendance à être détruits plus vite par le tassement du sol que les pores plus petits (Whalley, Dumitru *et al.* 1995). En conséquence, la porosité du sol diminue. En parallèle, l'écoulement de l'eau de surface augmente tandis que l'infiltration de l'eau et l'oxygénation du sol est réduite (Kozlowski 1999).

Le tassement du sol a des effets complexes sur la croissance des végétaux (Kozlowski 1999). Lorsque les racines rencontrent des couches compactées dans le sol, leur croissance est réduite (Lipiec, Medvedev *et al.* 2003). On trouve ainsi une proportion de racines moins importante dans les couches compactées (Lesturgez, Poss *et al.* 2004). Une compaction sévère peut mener à des troubles physiologiques : diminution de l'assimilation des nutriments, respiration diminuée voire asphyxie des racines, réduction de la photosynthèse et de l'assimilation carbonée, etc. En conséquence, on peut observer une réduction de la croissance de l'individu qui occasionne par la suite une baisse du rendement (Kozlowsky et Pallardy 1972; Lipiec et Stepniewski 1995; Kozlowski 1999; Lipiec, Medvedev *et al.* 2003).

L'impact du tassement des sols sur les cultures représentait une perte de 1,2 milliard de dollars pour les USA en 1971 (Gill 1971). Selon Kozlowski (1999) les pertes au niveau mondial sur les cultures et les forêts sont très vraisemblablement plus élevés .

Le travail mécanique du sol a pour but d'améliorer les propriétés physiques du sol (e.g. augmenter sa porosité). Mais, cette technique est aussi un des facteurs de déstructuration des sols. En effet, le travail du sol modifie les propriétés physiques et chimiques du sol. Par exemple, il réduit la mobilité de l'azote en supprimant son transport par un réseau de macropores préservés et en augmentant l'écoulement de surface (Lipiec et Stepniewski 1995). De plus, la porosité créée n'est efficace qu'à court terme et la densité du sol a tendance à augmenter juste en dessous de la couche travaillée (Kozlowski 1999; Lesturgez, Poss *et al.* 2004). Par ailleurs, la surface travaillée s'homogénéise causant la destruction de nombreux micro-habitats qui entraîne à son tour une baisse de la diversité et de la densité des espèces qui habitent l'écosystème (Altieri 1999). Par exemple, l'abondance des vers de terre dans le sol est significativement réduite lorsque la terre est labourée (Reddy, Reddy *et al.* 1997). Enfin, la combinaison de micro-agrégats en macro-agrégats est supprimée lorsque la terre est perturbée ou labourée. Les micro-agrégats (particules d'argile, limon ou organiques), en s'associant avec des polysaccharides et des glomalines (produites par des champignons mycorrhiziens) forment des macro-agrégats qui sont plus stables et plus résistants à la compaction (Rillig, Wright *et al.* 2002; Bronick et Lal 2005). Ce processus augmente en temps normal la porosité du sol (Hoorman, Moraes Sà *et al.* 2009).

La décompaction des sols par des processus naturels tels que la congélation/décongélation, le mouillage/assèchement est envisageable. Cependant, sans action de l'Homme, elle peut prendre un temps très long (Kozlowski 1999). Des auteurs ont montré qu'il faut de 4,5 à 8,5 ans pour rétablir le sol de surface (0 – 0,75 cm) d'un terreau sableux tassé artificiellement par une dameuse à son état de compaction initiale (Thorud et Frissell 1976). En Californie, la compression de terreux argileux de pinèdes par des tracteurs pourrait durer plus de 40 ans avant un retour à l'état de compaction initial (Vora 1988). Il est donc évident que des procédés et des techniques permettant d'accélérer la décompaction du sol sont cruciaux afin d'assurer une meilleure croissance des végétaux.

La prolifération des racines est étroitement liée à la présence de macropores (Hatano, Iwanaga *et al.* 1988; Rasse et Smucker 1998). Ils peuvent résulter de l'activité biologique du sol comme les galeries creusées par d'anciennes racines, des vers de terres ou des termites (Kozłowski 1999; Lipiec et Hatano 2003; Lesturgez, Poss *et al.* 2004). Une étude a montré que la proportion de racines de *Zea mays* recolonisant des galeries d'une culture précédente de légumineuses (*Medicago sativa*) était de 41% (Rasse et Smucker 1998). Les racines en décomposition laisseraient un réseau de galeries que les végétaux suivants pourraient utiliser (Lesturgez, Poss *et al.* 2004; Chen et Weil 2010 et références associés). Les macropores pourraient également permettre aux plantes de court-circuiter les zones de haute résistance au passage des racines et ainsi offrir un meilleur potentiel de croissance aux racines (Lipiec et Hatano 2003). D'après Hoorman, Moraes Sà *et al.* (2009), une couverture végétale continue, couplée à une absence de pratiques de labour améliore la structure du sol de nombreuses façons différentes : absorption du poids des engins lourds par le sol de surface, augmentation de la transmission des fluides par les macropores, et diminution de la densité apparente moyenne car les résidus organiques sont moins denses que les résidus minéraux, etc.

Ainsi, l'ajout d'un couvert végétal permettrait de favoriser la création de macropores dans un sol tassé et améliorerai donc les qualités physiques du sol. Certaines espèces auraient une meilleure capacité à pénétrer les sols compactés. Ainsi, la croissance des racines dans un sol tassé diffère selon l'espèce considérée (Materechera, Dexter *et al.* 1991; Rosolem, Foloni *et al.* 2002; Chen et Weil 2010). Assez peu d'études ont été réalisées pour comparer les capacités de pénétration des plantes dans des couches compactées du sol (Materechera, Dexter *et al.* 1991). Dans le cadre d'un programme de recherche de systèmes innovants pour la culture de l'ananas (*Ananas cormosus* L.), les systèmes racinaires de 9 espèces de plantes de services (i.e. une plante qui permet de rendre un ou plusieurs service à l'agrosystème) ont été comparés (à partir d'observations sur des plantes individuelles ; Lassiva 2012). L'hypothèse posée était que la densité et l'architecture des racines sont les caractéristiques principales impliquées dans l'instauration de la porosité dans le sol. A l'issue de cette précédente étude, une plante de service, le *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. a montré « un enracinement profond, une large gamme de diamètres racinaires, une forte densité racinaire, une bonne exploration en surface et un potentiel de renouvellement racinaire important » ce qui la rend « susceptible d'instaurer de la porosité en surface et en profondeur, des conditions nécessaires à

la culture d'ananas » (Lassiva 2012). *Stylosanthes guianensis* est bien adaptée au climat tropical humide (elle pousse entre 0 et 1600 m d'altitude, 20°N et 30°S et de 600 à 3000 mm de pluie) et se comporte bien même si la saison sèche est marquée (Husson, Charpentier *et al.* 2008). Elle est capable de noduler sur sol acide et peut se développer sur sol volcanique (e.g. Guadeloupe). C'est une des seules légumineuses à bien se comporter en sols très peu fertiles (grâce à une association avec des mycorhizes ; Husson, Charpentier *et al.* 2008).

Lesturgez (2004) a montré que les racines de *Stylosanthes hamata* étaient capables de pénétrer des couches de sol fortement compactées et d'augmenter ainsi significativement la macroporosité du sol. Plusieurs études ont montré une augmentation de la productivité de culture de maïs (*Zea mays*) et de riz (*Oryza sativa*) après une jachère de *Stylosanthes guianensis* (Saito, Linquist *et al.* 2006; Franke, Laberge *et al.* 2008; Homma, Mochizuki *et al.* 2008). Cependant, la capacité de *Stylosanthes guianensis* à instaurer de la porosité dans le sol à l'échelle du peuplement n'a pas été établie à ce jour.

Dans ce contexte, notre problématique est de caractériser un peuplement de *Stylosanthes guianensis* par rapport à son comportement en évaluation individuelle et d'étudier sa capacité à instaurer de la porosité dans le sol. Pour ce faire, deux peuplements de *Stylosanthes guianensis* (7 et 32 mois) ont été évalués.

Le comportement du *Stylosanthes guianensis* en peuplement a été étudié au travers d'indicateurs du développement global et racinaire qui ont été mis en relation avec des caractéristiques relevés au niveau individuel. Ainsi, nous avons pris en compte la biomasse aérienne afin de comparer l'état de développement général de la plante par rapport celui rapporté dans la littérature. De plus, nous avons étudié la morphologie des racines à travers divers caractères : la densité de longueur des racines (DLR, m/m³), la masse (g), la surface (cm²), le volume (cm³) et le diamètre des racines (mm), la longueur spécifique (SRL, m/g) et la densité de tissu des racines (RTD, g/cm³) du *Stylosanthes guianensis* en peuplement dans l'objectif de les comparer avec les plantes individuelles. Nous avons donc considéré la DLR comme un indicateur de l'exploration du sol. La surface totale des racines nous permet de caractériser la surface d'absorption des nutriments. Le volume total peut être considéré comme un rapport entre l'exploration et l'absorption des racines puisqu'il est fonction de la longueur et de la surface des racines. Enfin, le diamètre moyen des racines pourrait influencer la pénétration des sols compactés par les racines (Materechera, Dexter *et al.* 1991). La SRL est un indicateur

utilisé pour caractériser la morphologie des racines. Il est calculé par le ratio de la longueur des racines sur leur masse, il peut donc être vu comme un ratio des bénéfices (la longueur des racines est associé à l'acquisition de ressources) sur les coûts (la masse des racines est associé aux coûts de construction et de maintenance) de la production de racines (Ostonen, Puttsepp *et al.* 2007). Enfin, d'après Ostonen, Puttsepp *et al.* (2007), la SRL est inversement proportionnel à la RTD et au diamètre des racines selon la formule :
$$SRL = \frac{1}{RTD \times Diamètre\ des\ racines^2} \times \frac{\pi}{4}$$

Cependant, ces données pour les cultures individuelles ne sont disponibles que pour une profondeur de 10cm. Ainsi, nous compareront la distribution racinaire verticale et horizontale du *Stylosanthes guianensis* en peuplement et individuelle, à travers des profils d'impacts racinaires permettant la réalisation de carte de distribution racinaires. Nous compareront ensuite la morphologie des racines de *Stylosanthes guianensis* en peuplement avec une parcelle témoin (jachère) afin d'étudier les possibles variations de la colonisation et de l'exploration des racines entre les différentes parcelles.

Puisque l'état de compaction du sol ne montre pas de marques évidentes sur le sol (Hamza et Anderson 2005), l'évaluation de la porosité du sol (et notamment la création de macropores due à la culture de *Stylosanthes guianensis*) sera réalisée grâce à plusieurs paramètres de caractérisation du sol. La densité apparente est le paramètre le plus utilisé pour décrire l'état de compaction du sol. Elle se définit par la masse de sol sec par volume de sol en place. Elle donne une valeur directement comparable pour tous types de sols (Hamza et Anderson 2005). A l'inverse, la teneur en eau du sol est un indicateur de la quantité de porosités aqueuses contenues dans le sol. L'infiltrométrie est une technique qui permet de mesurer la conductivité hydraulique d'un sol, et ainsi, d'analyser sa perméabilité et son fonctionnement (Coquet, Boucher *et al.* 2000). Par extension, nous pourront estimer la taille moyenne des pores impliqués.

2. Matériel et méthodes

La collecte des données expérimentales a débuté le 11 février 2013 et a pris fin en mai 2013

1. Site de l'étude

L'étude a été réalisée en Guadeloupe, dans la région de Capesterre-Belle-Eau (16°03' Nord ; 61°34' Ouest), située en Basse-Terre (Figure 1). Le climat est de type tropical humide, la température moyenne annuelle dans la zone est de 24,9°C, avec un minimum moyen annuel de 22,5°C et un maximum de 27,3°C. Les précipitations moyennes annuelles sont de 300 mm/an (Figure 2). Le site est une station de recherche du CIRAD (Neufchâteau) située à 260 mètres d'altitude. Le sol est de type andosol (d'après le système de classification du sol de la FAO).

2. Matériel végétal

Stylosanthes guianensis (Aubl.) est une fabacée herbacée pérenne (figure 3). Elle forme des buissons (jusqu'à 1,8 mètres de hauteur) et dispose d'un système racinaire puissant (racine pivot profonde et capacité de s'enraciner à partir des tiges couchés au sol ; figure 4). Sa forte production de biomasse (jusqu'à 20 t/ha de matière sèche pour la partie aérienne ; Husson, Charpentier *et al.* 2008) lui permet de dominer les adventices.

3. Préparation de la parcelle

Antérieurement à l'expérimentation, les parcelles avaient été laissées en jachère naturelle entretenue depuis plus de trois ans. L'expérimentation a été mise en place sur une parcelle de 875m² divisé en 3 parcelles élémentaires de 1x435 et 2x 220m². Le *Stylosanthes guianensis* (Stylo) a été semé en lignes parallèles de 30 cm de distance par un semoir tracté sur 2 des 3 parcelles élémentaires à des dates différentes (juillet 2010 et juillet 2012). La troisième parcelle est en jachère depuis 5 ans. Des traitements herbicides ont été réalisés sur la parcelle en jachère afin de maintenir une végétation basse. Cette conduite a favorisé le développement d'espèces de dicotylédones basses. Lorsque les mesures ont été faites, les parcelles de Stylo montraient respectivement un peuplement de 7 et 32 mois qui seront dorénavant nommés respectivement Stylo 6 mois et 2ans pour simplifier l'exposé. On a ainsi trois modalités : une parcelle en jachère, une parcelle de Stylo à 6 mois et une parcelle de Stylo à 2 ans.

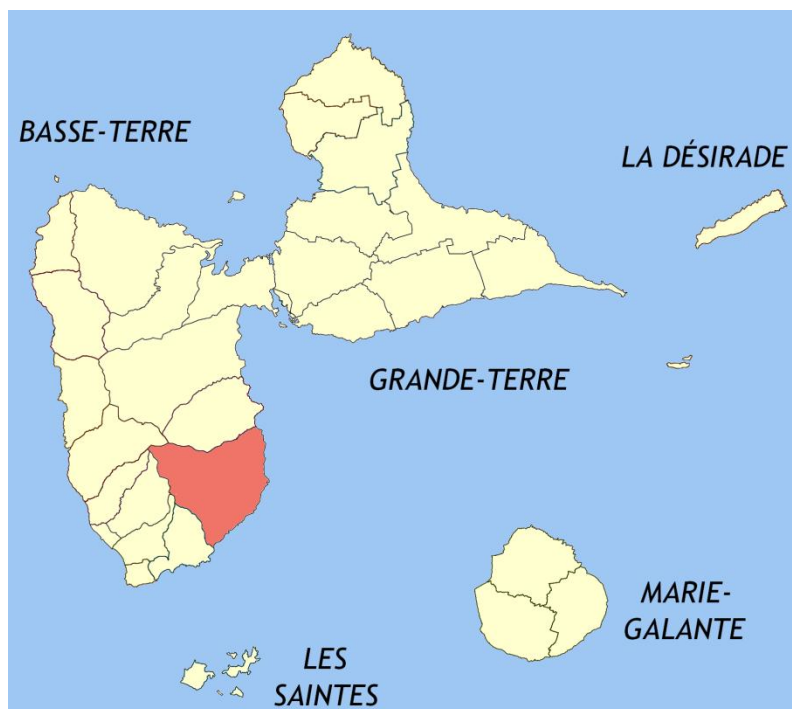


Figure 1 : Carte de la Guadeloupe et des îles alentour. La région d'étude, en rouge, se situe au sud de Basse-Terre, à Capesterre-Belle-Eau.

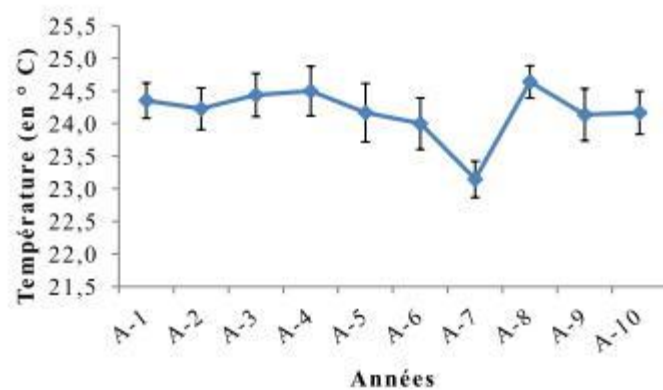
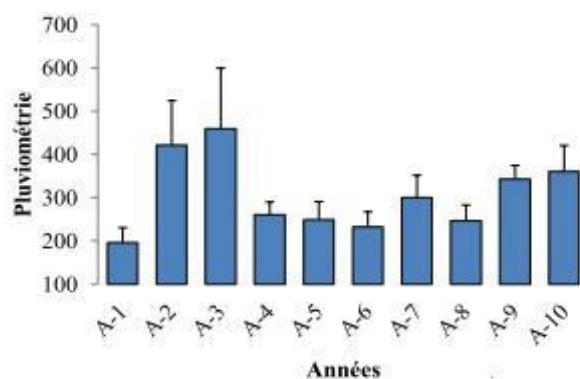


Figure 2 : A gauche : Pluviométrie (mm) moyenne annuelle de juin 2002 à Mai 2012. A droite : Températures (°C) moyennes annuelles de Juin 2002 à Mai 2012.

4. Description du peuplement

4.1. Biomasse aérienne

Sur le peuplement de Stylo de 6 mois, la biomasse aérienne par hectare a été estimée par la collecte et le pesage de la totalité de la biomasse aérienne d'1m² (avec 5 répétitions). La biomasse aérienne n'a pas été estimée sur la parcelle de Stylo à 2 ans car le système aérien était fortement couvert par les dicotylédones.

4.2. Description du système racinaire

4.2.1. Prélèvement d'échantillons de sol

Cinq (5) fosses de 3,375 m³ (1,5m x 1,5m x 1,5m) sont creusées par parcelle (i.e. 15 fosses au total). On prélève 4 échantillons cubiques de sol (1000cm³) par fosse à équidistance de la ligne de semis entre 0 et 10cm de profondeur (on réalise ensuite les profils racinaires horizontaux, voir 4.2.2). Sur chaque fosse de chaque parcelle, 5 échantillons de sol (1 échantillon par tranche de 10cm) sont également prélevés entre 10 et 60cm de profondeur (Figure 5). Ils sont pesés et examinés afin de prélever l'intégralité des racines. Les racines sont scannées (Epson Twain Pro, 32 bits) puis les images traitées par le logiciel WinRHIZO (Regent Instruments Inc.). Par son intermédiaire, on obtient une évaluation de la morphologie racinaire. Il précise la DLR, la surface, le volume total ainsi que le diamètre moyen des racines. A partir de ces données nous pouvons obtenir la RTD et la SRL. Il donne également des informations sur la répartition de la longueur par classes de diamètre des racines. Les paramètres choisis sont les suivants : - 400 dpi pour la résolution de l'image ; - scan « greylevel », qui impliquent des paramètres par défaut. Les racines sont ensuite placées à l'étuve (70°C pendant 10 jours) puis pesées afin d'obtenir la masse sèche des racines par unité de volume de sol.

4.2.2. Profils racinaires

La méthode des profils racinaires est une approche de terrain qui permet d'obtenir des valeurs de densité et de distribution racinaire (Kucke, Schmid *et al.* 1995). On applique verticalement une grille (1m x 0,6m) sur l'une des parois de la fosse (perpendiculairement à la ligne des semis). Elle se compose de mailles de 10 cm². Lorsqu'une ou plusieurs racines est visible à l'intérieur d'une maille, le nombre d'impacts racinaires est noté (Figure 6a).



Figure 3 : Dessin d'observation du système aérien du *Stylosanthes guianensis* (Aubl) sw. 1 : la tige en fleur et en fructification. 2 : le fruit. D'après Mannetje, L. and Jones, R.M. (1992).



Figure 4 : Photographie du système racinaire du *Stylosanthes guianensis*. D'après Husson *et al.* (2008).

On réalise également un profil horizontal pour évaluer la distribution racinaire autour du pied. On décape la terre sur une profondeur de 10cm (après avoir prélevé les échantillons de sol) pour faire apparaître les racines. On place ensuite la même grille que précédemment et on dénombre la le nombre d'impacts racinaires par maille (Figure 6b).

4.2.3. Relation entre la biomasse racinaire et les profils racinaires

Pour chaque classe de profondeur, la moyenne des impacts racinaires relevée par la méthode des profils racinaires a été mise en relation avec la moyenne de la biomasse racinaire mesurée lors des prélèvements d'échantillon de sol. Ceci est réalisé dans le but de mettre en évidence un lien direct entre la biomasse racinaire et les impacts racinaires notés pendant les profils racinaires.

4.2.4. Comparaison de la distribution théorique des racines par rapport à la distribution observée

Par l'intermédiaire des profils racinaires, nous pouvons établir une carte de distribution observée des impacts racinaires en peuplement selon la profondeur. De plus, des profils racinaires ont été réalisés sur les cultures individuelles de *Stylosanthes guianensis* de 6 mois (Lassiva 2012). Afin de comparer la distribution observée à une distribution théorique (i.e. si chaque individu de *Stylosanthes guianensis* étaient positionnés à la même distance moyenne que celle des plants en peuplement), nous avons modélisé une répartition autour du pied pour chaque profondeur (0-10cm ; 10-20cm ; 20-30cm ; 30-40cm ; 40-50cm ; 50-60cm) et pour une surface de 1m². Pour cela, nous avons calculé la moyenne des impacts racinaires pour les plants individuels pour chaque classe de profondeur.

Nous avons émis l'hypothèse que la distribution spatiale des racines autour de la tige du *Stylosanthes guianensis* était homogène pour un éloignement donné à la tige. A ce titre, nous avons considéré les impacts racinaires à gauche et à droite de la tige comme deux échantillons indépendants (Figure 7). Nous avons ensuite modélisé une carte des impacts racinaires moyens de rayon 50cm et de résolution de 1cm² pour chaque profondeur (Figure 8). Puis, nous avons modélisé une carte des impacts racinaires théoriques sur une surface d'1m² en prenant en compte 15 plants par mètre-carré, 3 lignes de semis de moyenne ayant un éloignement de 30 centimètres entre elles et 17cm moyen d'éloignement entre les plants le long de la ligne de semis qui sont les caractéristiques d'éloignement des plants dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis* en peuplement de 7 mois. Nous avons additionné les impacts racinaires lorsqu'ils se chevauchaient.

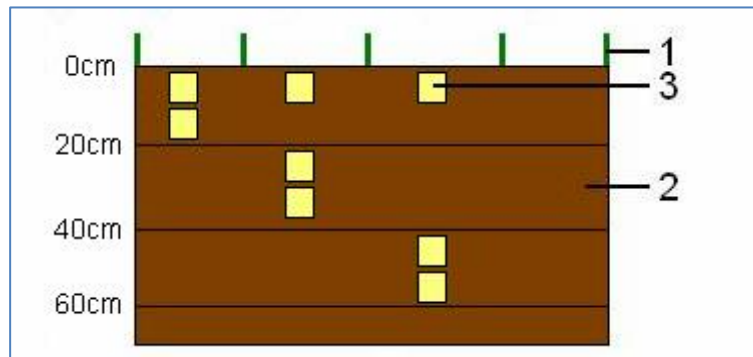


Figure 5 : Schéma de l'organisation des prélèvements de blocs de sol. Les carrés représentent les échantillons pour la description du système racinaire et de la densité apparente. 1 : Ligne des semis, 2 : sol, 3 : blocs pour description racinaire.

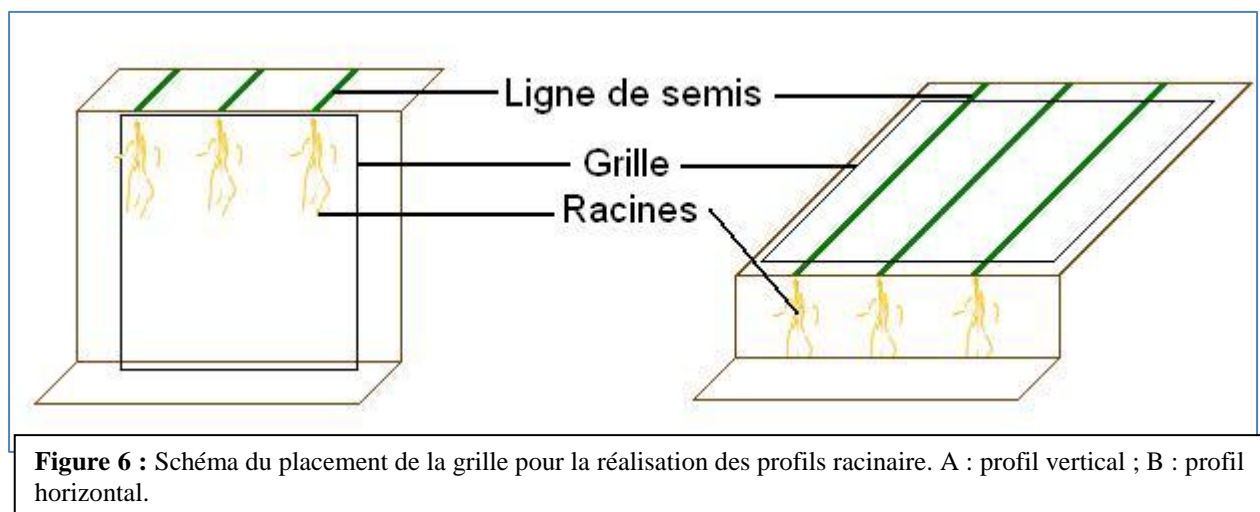


Figure 6 : Schéma du placement de la grille pour la réalisation des profils racinaire. A : profil vertical ; B : profil horizontal.

5. Mesure de la densité apparente et de la teneur en eau du sol

On prélève 1000 cm³ de terre dans un cube métallique. La terre fraîche est pesée, mise en étuve à 105°C pendant 48h et pesée à nouveau. On peut ainsi obtenir la masse sèche et la masse fraîche de sol et déduire la teneur en eau de chaque échantillon. La densité apparente correspond à la masse sèche de sol par unité de volume de sol (en g/cm³) en place.

6. Infiltrométrie

La mesure de la conductivité hydraulique des sols est réalisée avec un infiltromètre à disque. Il permet de mesurer le fonctionnement hydrodynamique de la macroporosité des sols. L'infiltromètre est composé d'un disque creux (D, 8cm de diamètre; Figure 9) auquel est accolée une membrane (M) en contact avec le sol. Un réservoir (RA, 5cm de diamètre ; gradué et fermé sur la partie supérieure) alimente le disque en eau. Pour que l'eau quitte l'infiltromètre et s'infilte dans le sol, elle doit être remplacée dans le réservoir par un volume équivalent d'air. Cet air entre par un tube A, transite dans un vase de Mariotte (VM, 3,2cm de diamètre) et ressort par un tube B. Cela permet de contrôler, maintenir et faire varier la pression de l'eau à l'interface infiltromètre/sol en abaissant ou en élevant le tube A. En faisant varier la pression, on mobilise des porosités différentes (Coquet, Boucher *et al.* 2000). Ainsi, pour un potentiel hydrique de -1 kPa, on mobilise des porosités ayant un rayon inférieur ou égal à 150µm. A -0,1 kPa, on mobilise des porosités inférieure ou égale à 1,5mm de rayon.

En pratique, l'infiltromètre est posé sur un sol nu et plat. Une éponge de 5mm de hauteur et de même diamètre que le disque est coupée et placée à l'interface membrane/sol afin d'assurer un maximum de contact sur toute la surface du disque. Le niveau initial (à t=0) du réservoir d'alimentation est noté. Le tube A est placé à -10cm de hauteur de colonne d'eau (i.e. un potentiel de -1 kPa) puis lorsque le niveau de l'eau dans le réservoir d'alimentation a diminué de 10 mm, le temps est noté. On répète l'expérience jusqu'à ce que le temps soit équivalent sur 3 mesures (± 10%) afin d'obtenir une vitesse moyenne (m/s). On place ensuite le tube A à -6cm et on réalise la même expérience. On fait de même pour -3cm et -1cm. 5 répétitions sont faites pour chacune des 3 parcelles.

On peut ensuite calculer la conductivité hydraulique par la formule suivante :

$$K_s = \frac{q_{\infty}}{1 + \frac{4}{\pi \times r \times \alpha}} \times e^{\alpha \cdot h_0}$$

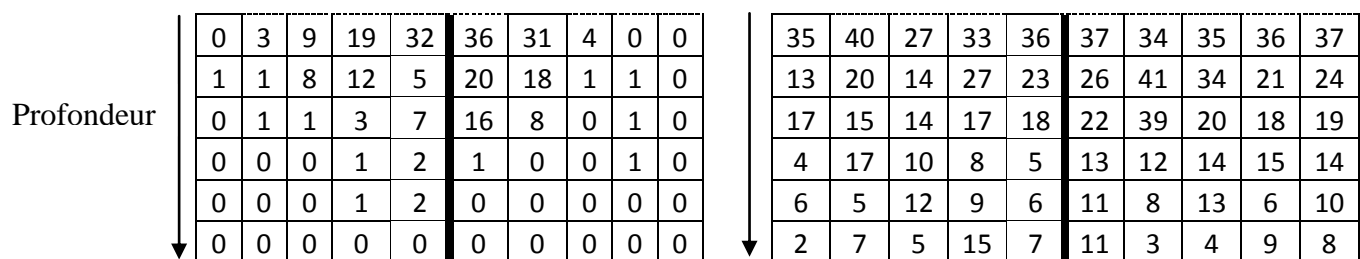


Figure 7 : Schémas de deux cartes de distribution verticale des impacts racinaires. A gauche, une des cartes de distribution d'une plante individuelle, à droite, une des cartes de distribution de la culture en peuplement. Chaque cellule représente 10cm². La ligne en pointillé représente la surface. La ligne verticale représente l'axe par rapport à la tige. Ainsi, les données à gauche et à droite de l'axe sont considérées comme indépendantes.

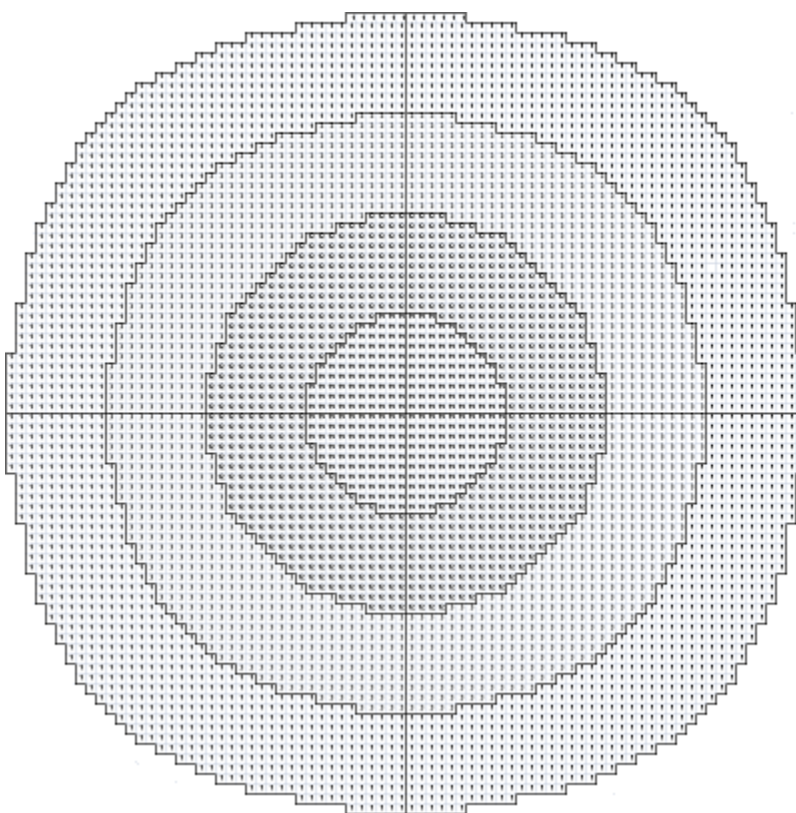


Figure 8 : Schéma d'une carte de distribution des impacts racinaires pour la couche 0 à 10cm de profondeur. Chaque cellule représente 1cm². La ligne en pointillé représente la surface. Le croisement de la ligne verticale et horizontale marque l'emplacement de la tige. Les cercles concentriques marquent un éloignement de 10, 20, 30 et 40cm de la tige principale.

Avec K_s , la conductivité hydraulique à saturation [m.s^{-1}], q_∞ , la densité de flux d'infiltration en régime permanent à la surface du sol (i.e. la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol relevé sur l'infiltromètre pour un potentiel hydrique donné) [m.s^{-1}], r , le rayon du disque en contact avec le sol [m], α une constante caractéristique du sol [m^{-1}] et h_0 , le potentiel de l'eau à la sortie de l'infiltromètre [m] (Coquet, Boucher *et al.* 2000). On peut également déduire la porosité fonctionnelle moyenne (λ_m ; m) par la formule :

$$\lambda_m = \frac{\sigma}{g \times \rho_w} \times \alpha$$

Avec σ , la tension superficielle de l'eau dans le sol au contact de l'air [g.m^{-2}], ρ_w , la densité de l'eau [g.m^{-3}] et g , la constante de pesanteur [m.s^{-2}](Carof, de Tourdonnet *et al.* 2007).

7. Analyses statistiques

Les modèles et les tests associés ont été mis en œuvre par le logiciel R Project. Pour tous les tests, un risque de première espèce de 5% a été pris en compte.

La comparaison entre plants individuels et en peuplement de la DLR, de la masse sèche totale, de la surface totale, du volume total, du diamètre moyen des racines, de la SRL et de la RTD en fonction de la profondeur, a été réalisée à l'aide d'un test non-paramétrique d'identité par comparaison de moyenne (Wilcoxon-Mann-Whitney) car les données ne suivaient pas la loi normale. Pour cette dernière raison, nous avons utilisé ce même test pour les moyennes des distributions observés et théoriques des impacts racinaires.

Une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs a permis d'étudier l'influence de la profondeur, de la modalité de la parcelle, ainsi que leur interaction sur la morphologie des racines (i.e. DLR, SRL, RTD, surface totale, diamètre moyen, volume totale et masse sèche totale). Pour toutes les ANOVA, nous avons vérifié *a posteriori* les conditions sur les résidus et effectué un test de comparaison multiple par paire (test de Tukey) lorsqu'un effet significatif d'au moins un facteur est établi.

Un test ANOVA a permis d'étudier l'influence de la modalité de la parcelle (jachère, Stylo 6 mois, Stylo 2 ans) sur la morphologie des racines. Nous avons procédé de la même façon pour étudier l'influence de la modalité de la parcelle sur la densité apparente.

L'étude de l'influence de la modalité de la parcelle sur la teneur en eau du sol n'a été réalisée que pour les parcelles en jachère et de *Stylosanthes guianensis* à 6 mois à l'aide de tests de Student lorsque les conditions (égalité des variances, indépendance et normalité des variables)

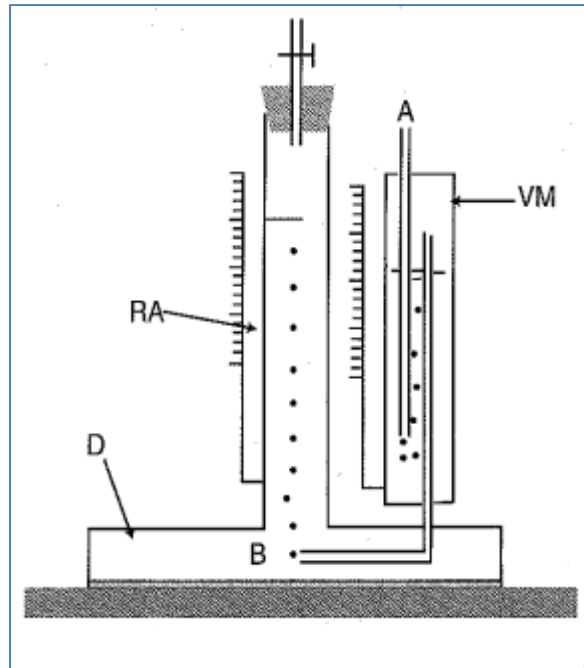


Figure 9 : Schéma de l’infiltromètre à disques (RA : réservoir d’alimentation, D : disque creux, VM : vase de Mariotte, A : Tube d’aération du vase de Mariotte, B : tube d’aération du réservoir d’alimentation) d’après Coquet, Boucher et al. (2000).

| Profondeur | Conditions remplies | Test réalisé |
|------------|---------------------|-----------------------|
| 00 - 10 cm | Non | Wilcoxon-Mann-Whitney |
| 10 - 20 cm | Oui | Student |
| 20 - 30 cm | Oui | Student |
| 30 - 40 cm | Oui | Student |
| 40 - 50 cm | Oui | Student |
| 50 - 60 cm | Oui | Student |
| 00 - 60 cm | Non | Wilcoxon-Mann-Whitney |

Tableau I : Descriptif des tests réalisés pour l’étude de l’influence de la modalité de la parcelle sur la teneur en eau du sol pour les différentes classes de profondeur.

étaient remplies et de Wilcoxon-Mann-Whitney lorsque qu'une des conditions ne l'était pas (Tableau I). Les prélèvements de la parcelle de Stylo à 2ans ont été effectués pendant de fortes précipitations. Celles-ci peuvent avoir un effet sur la quantité d'eau contenu dans le sol, nous avons donc choisi de ne pas prendre en compte la teneur en eau sur cette parcelle.

Enfin, les variations entre les parcelles de conductivité hydraulique et de porosité fonctionnelle moyennes ont été analysées par un test ANOVA.

3. Résultats

1. Description du peuplement

1.1. Biomasse aérienne

La biomasse aérienne du *Stylosanthes guianensis* (6 mois) est de 55,1 tonnes par hectare (écart-type = 7,14 t/ha).

1.2. Comparaison de la morphologie racinaire entre des cultures individuelles ou en peuplement

Aucune différence de DLR, de masse sèche, de surface totale, de volume totale, de diamètre moyen des racines ou de SRL entre la parcelle de Stylo en peuplement et la plante individuelle n'a pu être mise en évidence (Tableau II). En revanche, la RTD est presque deux fois plus importante dans les cultures en peuplement que dans les cultures individuelles (0,57 contre 0,32 g/cm³ dans les cultures individuelles ; p-value = 0,021).

En comparant la proportion de la longueur des racines pour différentes classes de diamètres, on peut voir que les cultures en peuplement ont des racines significativement plus longues que les cultures individuelles pour les classes de diamètre 0 à 0,5mm (83,97% de la longueur des racines totales contre 64,68% pour les cultures individuelles, Tableau III). De même pour des diamètres entre 1,0 à 3,0mm (au total 5,25% de la longueur totale des racines des cultures en peuplement se situent dans cette classe de diamètre contre 2,16% pour les cultures individuelles, Tableau III). 11,22% de la longueur totale des racines des cultures individuelles se situent dans des diamètres entre 3,0 et 4,5mm. La classe de diamètres supérieurs à 4,5mm ne présente aucune différence de longueur des racines (Tableau III).

1.3. Relation entre la biomasse racinaire et les profils racinaires

Il existe une relation linéaire forte entre la biomasse racinaire moyenne et le nombre d'impacts racinaires moyen (p-value = $3,78.10^{-3}$; R^2 ajusté = 0,877 ; Figure 10).

| Variables comparées | P-value | Moyenne individus | Moyenne peuplement |
|-----------------------------------|---------|-------------------|--------------------|
| DLR (m/m ³) | 0,47 | 7803,45 ± 5158,23 | 5528,64 ± 2601,11 |
| Masse sèche (g) | 0,92 | 0,37 ± 0,24 | 0,38 ± 0,23 |
| Surface totale (cm ²) | 0,63 | 28,9 ± 13,9 | 20,4 ± 8,9 |
| Volume (cm ³) | 0,19 | 1,06 ± 0,54 | 0,61 ± 0,28 |
| Diamètre moyen (mm) | 0,32 | 0,46 ± 0,04 | 0,46 ± 0,15 |
| SRL (m/g) | 0,37 | 1683,03 ± 3895,79 | 20,29 ± 10,17 |
| RTD (g/cm ³) | 0,02* | 0,32 ± 0,28 | 0,57 ± 0,12 |

Tableau II : Comparaison de la morphologie racinaire du *Stylosanthes guianensis* entre des individus en peuplement et des évaluations individuelles pour une profondeur de 0 à 10cm. Les données de morphologies racinaires ont été prélevées à partir de cubes de sol de 1000cm³. Les données ont été analysées par un test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney avec un risque de 1^{er} espèce de 5%, P<0.05* ; P<0,01**, P<0,001***

| Classe de diamètre | P-value | Moyenne individus (A) | Moyenne peuplement (B) | Résultats |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|
| 0 à 0,5mm | 1,40.10 ^{-9***} | 64,68 ± 5,17 | 83,97 ± 5,85 | A < B |
| 0,5 à 1,0mm | 3,70.10 ^{-10***} | 23,56 ± 4,33 | 10,27 ± 3,28 | A > B |
| 1,0 à 1,5mm | 2,28.10 ^{-3**} | 0,52 ± 0,52 | 2,72 ± 2,03 | A < B |
| 1,5 à 2,0mm | 2,01.10 ^{-3**} | 1,64.10-3 ± 0,01 | 1,53 ± 1,41 | A < B |
| 2,0 à 2,5mm | 8,91.10 ^{-3**} | 0 ± 0 | 0,60 ± 0,67 | A < B |
| 2,5 à 3,0mm | 1,21.10 ^{-3**} | 0 ± 0 | 0,40 ± 0,46 | A < B |
| 3,0 à 3,5mm | 2,20.10 ^{-16***} | 5,05 ± 0,28 | 0,28 ± 0,51 | A > B |
| 3,5 à 4,0mm | 2,20.10 ^{-16***} | 5,78 ± 1,13 | 0,09 ± 0,14 | A > B |
| 4,0 à 4,5mm | 3,96.10 ^{-3**} | 0,39 ± 0,42 | 0,07 ± 0,15 | A > B |
| Plus de 4,5mm | 0,17 | 2,77.10-3 ± 0,01 | 0,07 ± 0,14 | A = B |

Tableau III : Comparaison de la longueur des racines de *Stylosanthes guianensis* pour différentes classes de diamètres entre des cultures individuelles et des cultures en peuplement. Les valeurs sont des pourcentages de la longueur des racines totale tous diamètres confondus. Les données ont été analysées par un test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney avec un risque de 1^{er} espèce de 5%. P<0.05* ; P<0,01**, P<0,001***.

1.4. Comparaison de la distribution théorique des racines par rapport à la distribution observée (Tableau IV)

En moyenne, il y a plus d'impacts racinaires dans les profils observés que dans les profils théoriques mais ce n'est qu'une tendance, les différences de moyennes ne sont pas significatives. Cependant, on observe pour la couche 0 à 10cm moins d'impacts dans les profils observés que dans les profils théoriques (20,1 impacts de plus en moyenne pour les profils théoriques). La couche 10 à 20cm ne présente pas de différence entre les profils observés et les profils théoriques ($p\text{-value} = 0,55$). Enfin, on peut montrer un nombre supérieur d'impacts racinaires observés pour les couches de 20 à 60 cm (on peut voir en moyenne 9,8 impacts racinaires de plus dans les profils observés).

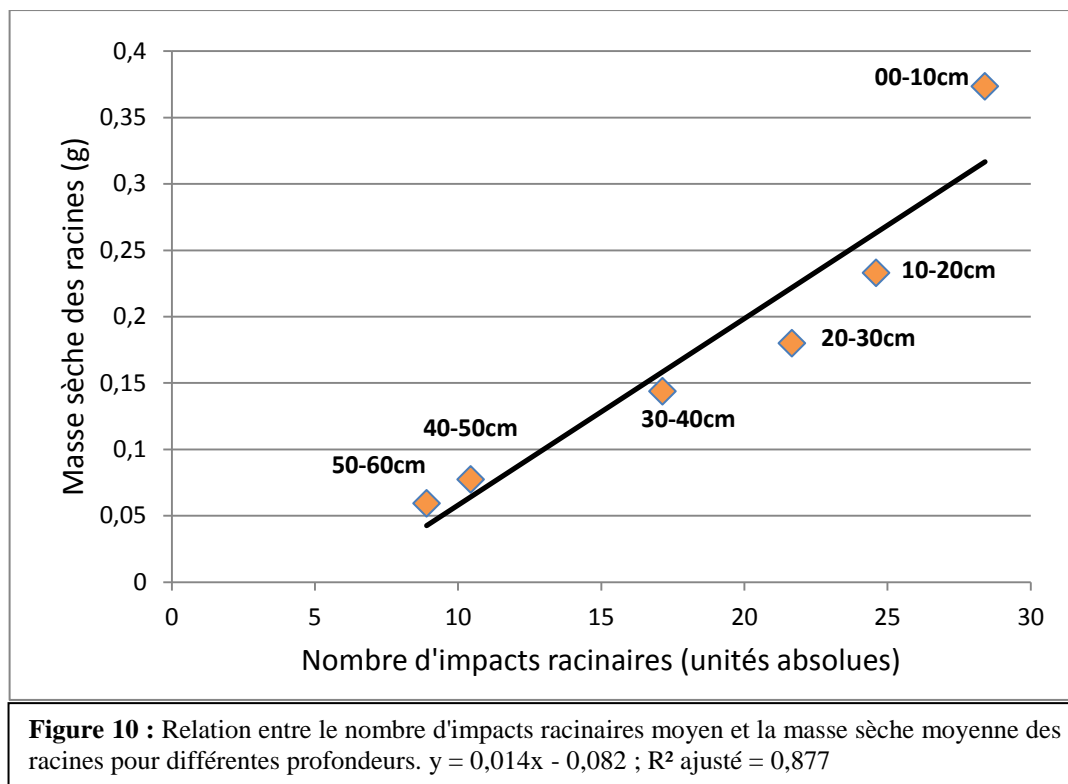
2. Influence de la profondeur et de la modalité de la parcelle sur la morphologie des racines (Tableau V)

Il existe un effet de la modalité sur la DLR, la masse sèche, la surface totale, le volume total, le diamètre moyen des racines et la SLR.

De plus, on peut montrer une influence de la profondeur sur la DLR, la masse sèche, la surface totale, le volume totale des racines et la SRL. Aucune influence de la profondeur sur le diamètre moyen des racines ($p\text{-value} = 0,32$).

Enfin, on a pu mettre en évidence un effet de l'interaction entre la modalité de la parcelle et la profondeur pour la DLR, la surface totale, le volume total des racines et la SRL. Inversement, aucune interaction significative n'a pu être mise en évidence pour la masse sèche et le diamètre moyen des racines (respectivement, $p\text{-value} = 0,51$; $p\text{-value} = 0,94$).

La RTD ne sera plus mentionnée dans la suite des analyses du à l'absence de l'influence de la modalité de la parcelle et de la profondeur sur ce paramètre.



| Profondeur | P-value | Moyenne observé (A) | Moyenne théorique (B) | Résultats |
|------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------|
| 00 - 10 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $28,4 \pm 8,7$ | $48,5 \pm 5,6$ | A < B |
| 10 - 20 cm | 0,55 | $24,6 \pm 7,9$ | $24,3 \pm 3,4$ | A = B |
| 20 - 30 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $21,6 \pm 6,8$ | $9,3 \pm 1,02$ | A > B |
| 30 - 40 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $17,1 \pm 7,1$ | $5,7 \pm 0,8$ | A > B |
| 40 - 50 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $10,4 \pm 3,9$ | $3,8 \pm 0,9$ | A > B |
| 50 - 60 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $8,9 \pm 4,4$ | $0,0 \pm 0,0$ | A > B |
| 00 - 60 cm | $2,20.10^{-16***}$ | $18,5 \pm 9,8$ | $15,5 \pm 16,8$ | A > B |

Tableau IV : Comparaison du nombre d'impacts racinaires (unités absolues) de *Stylosanthes guianensis* entre les profils racinaires observés (A) en peuplement et les profils racinaires théorique (B) en peuplement obtenus d'après les profils racinaires des évaluations individuelles pour 7 classes de profondeurs. Les données ont été analysées par un test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney avec un risque de 1^{er} espèce de 5%. $P < 0,05^*$; $P < 0,01^{**}$, $P < 0,001^{***}$.

2.1. Influence de la modalité de la parcelle sur la Densité de Longueur des Racines (DLR) (Tableau VI)

La DLR est plus de deux fois plus importante pour la couche 0 à 10cm de la parcelle en jachère que celle des deux parcelles de Stylo (12055 m/m^2 pour la parcelle en jachère contre $4912,5 \text{ m/m}^2$ en moyenne pour les deux parcelles de Stylo). Cette différence est atténuée, mais toujours présente, pour la couche 10 à 20cm ($3321,5 \text{ m/m}^2$ de différence en moyenne). On n'observe pas de différence de longueur totale des racines pour des profondeurs 20 à 50 cm. En profondeur (50 à 60cm) la tendance s'inverse : on observe une DLR plus importante dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 6 mois que dans la parcelle en jachère ou que dans la parcelle de Stylo à 2ans ($p\text{-value} = 1,53.10^{-2}$).

2.2. Influence de la modalité de la parcelle sur la masse sèche des racines (Tableau VI)

On observe une masse sèche des racines plus de 30% plus importante sur la parcelle en jachère que dans les deux parcelles de Stylo pour la couche 0 à 10cm (0,64g dans la parcelle en jachère contre 0,39g en moyenne dans les deux parcelles de Stylo). En revanche, il n'y a aucune différence de masse sèche moyenne des racines selon la parcelle pour des profondeurs de 10 à 60cm.

2.3. Influence de la modalité de la parcelle sur la surface totale des racines (Tableau VI)

On observe également une surface totale deux fois plus grande pour la couche 0 à 10cm de la parcelle en jachère que celle des deux parcelles de Stylo ($45,6 \text{ cm}^2$ dans la parcelle en jachère contre $19,9 \text{ cm}^2$ en moyenne dans les deux parcelles de Stylo). Cette différence persiste et s'atténue pour la couche 10 à 20cm ($10,7 \text{ cm}^2$ de différence en moyenne) et disparaît pour des profondeurs plus élevés (20 à 60cm).

2.4. Influence de la modalité de la parcelle sur le volume total des racines (Tableau VI)

Seule la couche 0 à 10 cm présente un volume racinaires plus grand dans la parcelle en jachère par rapport aux deux autres ($p\text{-value} = 2,67.10^{-6}$).

2.5. Influence de la modalité de la parcelle sur le diamètre moyen racinaire (Tableau VI)

On observe un diamètre moyen 7,5 fois supérieur en moyenne dans les parcelles de Stylo par rapport à la parcelle en jachère pour toutes les profondeurs (0,06 mm en moyenne pour la parcelle en jachère contre 0,45 mm pour les deux parcelles de Stylo).

| Variable réponse | Variable explicative 1 | Variable explicative 2 | P-value | | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | Parcelle | Profondeur | Interaction |
| Surface totale (cm ²) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 1,16.10 ^{-11***} | 2,20.20 ^{-16***} | 2,22.10 ^{-8***} |
| Diamètre moyen (mm) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 2,00.10 ^{-16***} | 0,32 | 0,94 |
| Volume (cm ³) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 8,68.10 ^{-6***} | 1,70.10 ^{-15***} | 1,29.10 ^{-3**} |
| Masse sèche | Modalité de la parcelle | Profondeur | 0,03* | 3,83.10 ^{-12***} | 0,51 |
| SRL (m/g) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 7,46.10 ^{-14***} | 2,20.10 ^{-16***} | 3,59.10 ^{-10***} |
| DLR (m/m ³) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 2,20.10 ^{-16***} | 2,20.10 ^{-16***} | 7,71.10 ^{-16***} |
| RTD (g/cm ³) | Modalité de la parcelle | Profondeur | 0,27 | 0,69 | 0,09 |

Tableau V : Influence de la modalité de la parcelle (i.e. Jachère, *Stylosanthes guianensis* (6 mois ou 2ans) et de la profondeur (0 à 10cm, 10 à 20cm, 20 à 30cm, 30 à 40cm, 40 à 50cm et 50 à 60cm) sur divers paramètres de la morphologie des racines. Les données ont été analysées par Anova à 2 facteurs avec un risque de 1^{er} espèce de 5%, P<0.05* ; P<0,01 **, P<0,001***.

2.6. Influence de la modalité de la parcelle sur la Longueur Spécifique des Racines (SRL) (Tableau VI)

On met en évidence une SRL plus de deux fois moins importante sur les deux parcelles de Stylo que dans la parcelle en jachère pour la couche 0 à 10cm (0,43 m/g pour la parcelle en jachère contre 0,20 mm en moyenne pour les deux parcelles de Stylo). Pour la couche 10 à 20cm, seule la parcelle de Stylo à 2 ans à une SRL inférieure à la parcelle en jachère (plus de deux fois). Il n'y a pas de différence de SRL entre les parcelles pour la couche 20 à 50cm. Pour la couche 50 à 60cm la SRL est supérieure dans la parcelle de Stylo à 6 mois que dans la parcelle en jachère (0,05 dans la parcelle de Stylo à 6 mois contre 0,02 m/g dans la parcelle en jachère).

3. Influence de la profondeur et de la modalité de la parcelle sur les qualités physiques du sol

3.1. Influence sur la densité apparente (Tableau VII)

La densité apparente est la plus élevée sur la parcelle en jachère pour des profondeurs de 0 à 20cm et pour la couche 50-60cm (la densité apparente est 12,36% plus faible dans les parcelles de Stylo que dans la parcelle en jachère pour la couche 0 à 10cm ; 14,51% pour la couche 10 à 20cm et 14,37% pour la couche 50 à 60cm). Cependant, il n'y a pas de différence de densité apparente pour les couches 20 à 50 cm de profondeur.

Lorsque l'on prend en compte les 6 couches de profondeur comme une seule (0 à 60cm) on peut mettre en évidence que la densité apparente est la plus élevée sur la parcelle en jachère ($p\text{-value} = 1,123.10^{-6}$). Enfin, on ne peut pas mettre en évidence de différence entre la parcelle de Stylo à 6 mois et celle à 2 ans pour toutes les profondeurs.

3.2. Influence sur la teneur en eau (Tableau VIII)

En parallèle, la parcelle de stylo à 6 mois a une teneur en eau moyenne sur la couche 0 à 60cm plus importante que la parcelle en jachère ($p\text{-value} = 2,41.10^{-3}$). On peut mettre en évidence des différences de teneur en eau pour les couches 10 à 40cm et 50 à 60cm (22,5% de teneur en eau en plus en moyenne dans la parcelle de Stylo à 6 mois par rapport à la parcelle en jachère) alors que les teneurs en eau des couches 0 à 10cm et 40 à 50cm sont statistiquement identiques.

| Profondeur | Variable réponse | P-value | Moyenne Stylo (6 mois) | Moyenne Jachère | Moyenne Stylo (2ans) |
|------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| 00 – 10cm | DLR (m/m ³) | 2,47.10 ^{-16***} | 5529 ± 2669 | 12055 ± 2314 | 4296 ± 1415 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,021* | 0,37 ± 0,23 | 0,64 ± 0,38 | 0,41 ± 0,33 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 2,38.10 ^{-11***} | 20,4 ± 8,9 | 45,6 ± 14,9 | 19,4 ± 6,38 |
| | Volume des racines (cm ³) | 2,67.10 ^{-6***} | 0,61 ± 0,28 | 1,43 ± 0,68 | 0,75 ± 0,4 |
| | Diamètre moyen (mm) | 7,04.10 ^{-14***} | 0,46 ± 0,15 | 0,08 ± 0,02 | 0,48 ± 0,18 |
| | SRL (m/g) | 4,78.10 ^{-13***} | 0,22 ± 0,12 | 0,43 ± 0,09 | 0,17 ± 0,05 |
| 10 - 20 cm | DLR (m/m ³) | 0,004** | 3298 ± 1579 | 5707 ± 2206 | 1473 ± 683,5 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,46 | 0,23 ± 0,30 | 0,24 ± 0,15 | 0,10 ± 0,06 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 0,016* | 12,02 ± 6,8 | 19,7 ± 8,05 | 5,98 ± 3,14 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,18 | 0,39 ± 0,38 | 0,61 ± 0,39 | 0,19 ± 0,12 |
| | Diamètre moyen (mm) | 5,67.10 ^{-4***} | 0,43 ± 0,19 | 0,04 ± 0,01 | 0,40 ± 0,07 |
| | SRL (m/g) | 0,013* | 0,12 ± 0,05 | 0,21 ± 0,09 | 0,07 ± 0,03 |
| 20 - 30 cm | DLR (m/m ³) | 0,37 | 2975 ± 2859 | 1853 ± 761 | 1590,4 ± 1457,0 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,55 | 0,18 ± 0,15 | 0,12 ± 0,08 | 0,10 ± 0,08 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 0,47 | 11,94 ± 11,79 | 7,59 ± 3,98 | 6,93 ± 6,54 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,58 | 0,38 ± 0,38 | 0,26 ± 0,17 | 0,24 ± 0,23 |
| | Diamètre moyen (mm) | 1,29.10 ^{-4***} | 0,47 ± 0,48 | 0,04 ± 0,01 | 0,40 ± 0,08 |
| | SRL (m/g) | 0,28 | 0,13 ± 0,10 | 0,07 ± 0,03 | 0,06 ± 0,05 |
| 30 - 40 cm | DLR (m/m ³) | 0,84 | 2171 ± 1250,2 | 1935 ± 1737 | 1606 ± 1558 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,79 | 0,14 ± 0,11 | 0,13 ± 0,13 | 0,09 ± 0,10 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 0,83 | 10,23 ± 7,05 | 8,6 ± 8,4 | 7,26 ± 7,36 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,81 | 0,39 ± 0,32 | 0,31 ± 0,32 | 0,26 ± 0,29 |
| | Diamètre moyen (mm) | 2,76.10 ^{-4***} | 0,53 ± 0,23 | 0,04 ± 0,009 | 0,43 ± 0,06 |
| | SRL (m/g) | 0,70 | 0,09 ± 0,06 | 0,08 ± 0,07 | 0,06 ± 0,05 |
| 40 - 50 cm | DLR (m/m ³) | 0,32 | 1489 ± 467 | 909 ± 514 | 1005 ± 810,1 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,63 | 0,07 ± 0,02 | 0,06 ± 0,04 | 0,06 ± 0,03 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 0,44 | 13,64 ± 1,78 | 4,14 ± 2,91 | 3,97 ± 3,76 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,57 | 0,45 ± 0,07 | 0,16 ± 0,14 | 0,125 ± 0,136 |
| | Diamètre moyen (mm) | 3,09.10 ^{-8***} | 0,41 ± 0,06 | 0,043 ± 0,01 | 0,37 ± 0,04 |
| | SRL (m/g) | 0,32 | 0,07 ± 0,03 | 0,04 ± 0,02 | 0,04 ± 0,03 |
| 50 - 60 cm | DLR (m/m ³) | 0,015* | 1267 ± 466 | 412 ± 266 | 572,8 ± 526,9 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,17 | 0,06 ± 0,01 | 0,03 ± 0,02 | 0,03 ± 0,03 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 0,051 | 5,11 ± 1,78 | 1,85 ± 1,31 | 2,63 ± 2,76 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,16 | 0,16 ± 0,07 | 0,065 ± 0,051 | 0,098 ± 0,111 |
| | Diamètre moyen (mm) | 3,66.10 ^{-6***} | 0,41 ± 0,06 | 0,041 ± 0,008 | 0,40 ± 0,10 |
| | SRL (m/g) | 0,028* | 0,05 ± 0,02 | 0,02 ± 0,01 | 0,03 ± 0,02 |
| 00 - 60 cm | DLR (m/m ³) | 3,47.10 ^{-6***} | 3700,7 ± 2650,3 | 6559 ± 5458 | 2604 ± 1959 |
| | Masse sèche totale des racines (g) | 0,11 | 0,24 ± 0,22 | 0,35 ± 0,37 | 0,23 ± 0,28 |
| | Surface totale projetée (cm ²) | 6,46.10 ^{-5***} | 14,1 ± 9,3 | 24,9 ± 21,9 | 11,6 ± 8,99 |
| | Volume des racines (cm ³) | 0,0019** | 0,45 ± 0,3 | 0,79 ± 0,76 | 0,43 ± 0,41 |
| | Diamètre moyen (mm) | 2,2.10 ^{-16***} | 0,45 ± 0,15 | 0,06 ± 0,03 | 0,44 ± 0,14 |
| | SRL (m/g) | 2,56.10 ^{-5***} | 0,15 ± 0,11 | 0,24 ± 0,19 | 0,10 ± 0,07 |

Tableau VI : Analyses de variances de divers caractères de la morphologie racinaire en fonction de la modalité de la parcelle (Stylo à 6 mois, Stylo à 2 ans ou jachère) pour 7 classes de profondeur. Les valeurs des moyennes de chaque caractère sont notées. Les données ont été analysées avec un risque de 1^{er} espèce de 5%, P<0.05* ; P<0,01** ; P<0,001***.

4. Infiltrométrie

4.1. Variation de la conductivité hydraulique en fonction de la modalité de la parcelle

On observe une conductivité plus de deux fois moins importante dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 2 ans par rapport aux deux autres parcelles (Stylo à 6 mois et jachère) pour un potentiel hydrique de -0,3 kPa, plus de 4 fois moins important à -0,2 kPa et plus de 6 fois moins important à -0,1 kPa (Figure 11). On n'observe pas de différence de conductivité hydraulique pour des potentiels hydriques strictement inférieurs à -0,03m. La conductivité hydraulique de la parcelle en jachère et celle du *Stylosanthes guianensis* à 6 mois sont statistiquement égales pour toutes les valeurs de potentiels hydriques présentés.

4.2. Variation de la porosité fonctionnelle moyenne en fonction de la modalité de la parcelle

On observe une porosité fonctionnelle moyenne environ deux fois plus basse dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 2 ans pour l'intervalle de potentiel [-3 ; -1] que dans les deux autres parcelles ($p\text{-value} = 2,00.10^{-3}$). Nous n'avons pas pu montrer une différence significative de la porosité fonctionnelle moyenne dans aucun des deux autres intervalles de potentiels (Figure 12)

Masse sèche totale du sol (pour 1000cm³, en g) en fonction de la modalité de la parcelle.

| Profondeur | P-value | Stylo (6 mois) | Jachère | Stylo (2 ans) |
|------------|----------------------------|----------------|---------------|-----------------|
| 00 - 10 cm | 0,000333*** | 646,6 ± 77,07 | 747,7 ± 107,3 | 664,03 ± 39,02 |
| 10 - 20 cm | 0,001425** | 631,9 ± 46,55 | 745,1 ± 42,9 | 641,9 ± 30,7 |
| 20 - 30 cm | 0,365 | 637,6 ± 83,4 | 678,4 ± 43,86 | 704,48 ± 81,38 |
| 30 - 40 cm | 0,1888 | 563,8 ± 83,37 | 657,9 ± 35,45 | 654,09 ± 118,06 |
| 40 - 50 cm | 0,05515 | 561,3 ± 56,33 | 652,6 ± 53,1 | 622,2 ± 51,99 |
| 50 - 60 cm | 0,0272* | 554,5 ± 21,24 | 637,5 ± 43,85 | 537,3 ± 79,62 |
| 00 - 60 cm | 1,123.10 ⁻⁶ *** | 615,06 ± 77,07 | 706,9 ± 89,6 | 646,2 ± 73,38 |

Tableau VII : Influence de la modalité de la parcelle sur la masse sèche totale du sol pour différentes classes de profondeur. Les données ont été analysées par un test ANOVA avec un risque de 1^{er} espèce de 5%. P<0.05* ; P<0,01**, P<0,001***

Teneur en eau totale du sol (pour 1000cm³, en g) en fonction de la modalité de la parcelle.

| Profondeur | Test statistique utilisé | P-value | Stylo (6 mois) | Jachère |
|------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------|
| 00 - 10 cm | Wilcoxon-Mann-Whitney | 0.3983 | 353,6 ± 46,09 | 358,9 ± 96,1 |
| 10 - 20 cm | Student | 0.002943** | 344,4 ± 26,12 | 279,9 ± 22,13 |
| 20 - 30 cm | Student | 0.005972** | 389,9 ± 46,51 | 307,03 ± 18,35 |
| 30 - 40 cm | Student | 0.003185** | 419,6 ± 29,05 | 343,5 ± 28,82 |
| 40 - 50 cm | Student | 0.232 | 420,06 ± 51,35 | 387,1 ± 24,68 |
| 50 - 60 cm | Student | 0.0008766*** | 463,13 ± 21,64 | 393,5 ± 21,08 |
| 00 - 60 cm | Wilcoxon-Mann-Whitney | 0.002413** | 383,5 ± 56,04 | 349,6 ± 73,57 |

Tableau VIII : Influence de la modalité de la parcelle sur la teneur en eau totale du sol pour différentes classes de profondeur. Les données ont été analysées par un test paramétrique de Student lorsque les données suivent la loi normale. Dans le cas contraire, un test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé. Pour chaque test, on prend un risque de 1^{er} espèce de 5% . P<0.05* ; P<0,01**, P<0,001***

4. Discussion

1. Description du peuplement

1.1. Biomasse aérienne

La biomasse aérienne du *Stylosanthes guianensis* montre un développement très supérieur à la moyenne retrouvée dans la littérature après seulement 6 mois. Dans la littérature, la biomasse aérienne est comprise entre 20 et 40 t/ha et peut monter jusqu'à 70t/ha (après 1 an sur des terres basses à Madagascar ; FAO). De plus, le *Stylosanthes guianensis* a la capacité de s'enraciner lorsque la tige se pose sur le sol (Husson, Charpentier *et al.* 2008), ce qui peut l'aider à proliférer même si la tige principale est endommagée.

1.2. Comparaison de la morphologie racinaire entre des cultures individuelles ou en peuplement

Seule la RTD présente une différence entre les cultures en peuplement et les cultures individuelles. Dans un contexte de compétition pour l'acquisition des ressources, il est possible qu'une plus grande densité de tissu dans les racines permette une durée de vie plus longue. La relation forte entre le nombre d'impacts racinaires moyen et la masse sèche moyenne des racines pour toutes les profondeurs permet de nous appuyer sur les profils racinaires pour étudier la distribution des racines en profondeur. Grâce à cette méthode, on a pu mettre en évidence, chez le *Stylosanthes guianensis*, une tendance à développer des racines profondes lorsqu'il est cultivé en peuplement.

D'après Schenk (2006), la colonisation des racines n'est pas seulement induite par la quantité de ressources disponibles dans le sol. Ainsi, il a constaté l'absence de différence d'intensité de compétition le long d'un gradient de ressources chez *Trichostema brachiatum*. La morphologie des racines et/ou la profondeur d'enracinement seraient des caractères permettant d'éviter l'exclusion compétitive en exploitant différentes niches fondamentales. Or dans de nombreux cas (notamment celui de la compétition intra-spécifique) les niches fondamentales se chevauchent, causant un partitionnement de la niche fondamentale en niche réalisée (Schenk 2006). De plus, de nombreuses études montrent que les racines peuvent détecter

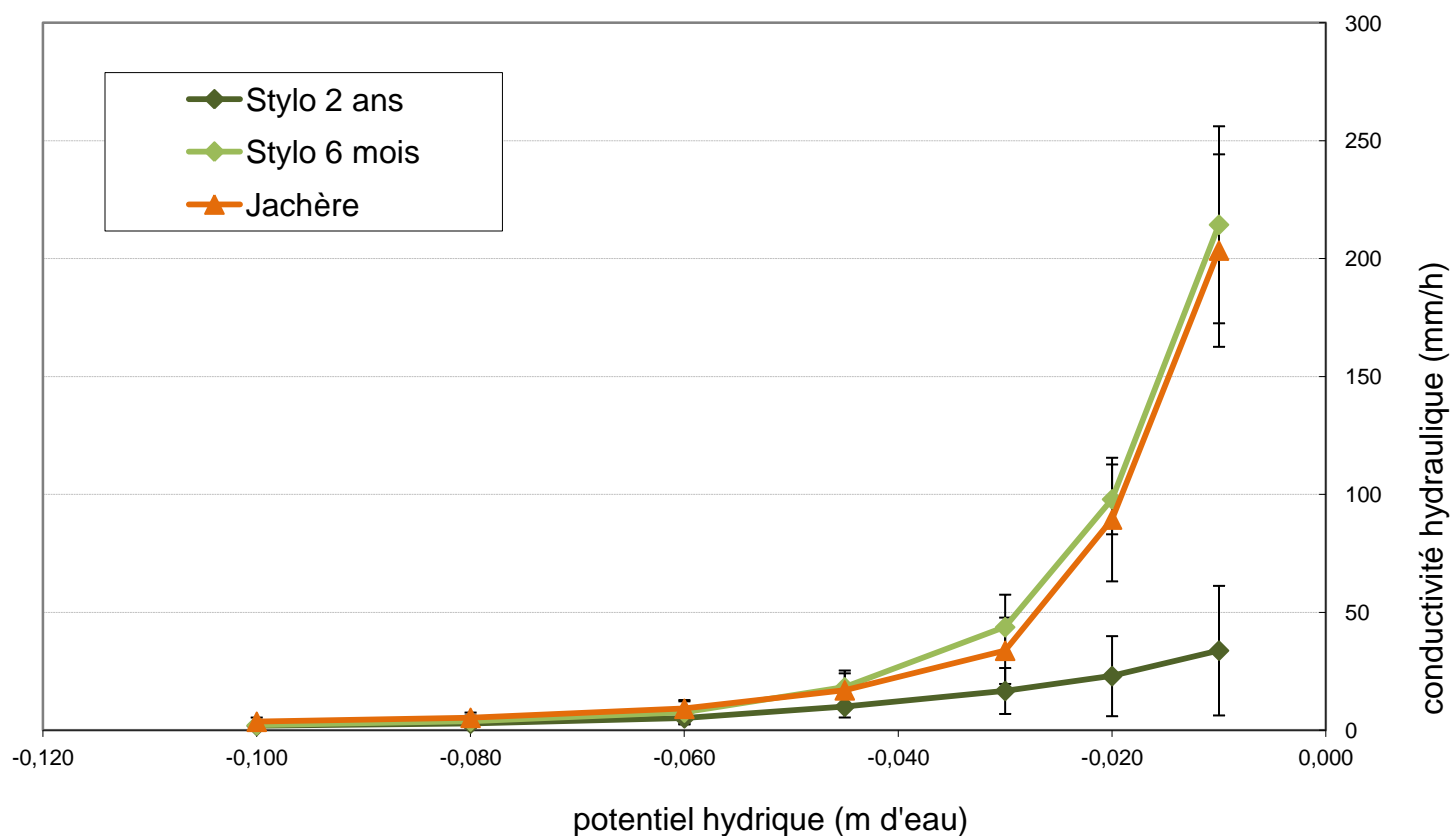


Figure 11 : Relation entre le potentiel hydrique (m) et la conductivité hydraulique (mm/h) d'une parcelle en jachère et de deux parcelles de *Stylosanthes guianensis* (6 mois et 2 ans). Les écart-type sont notés.

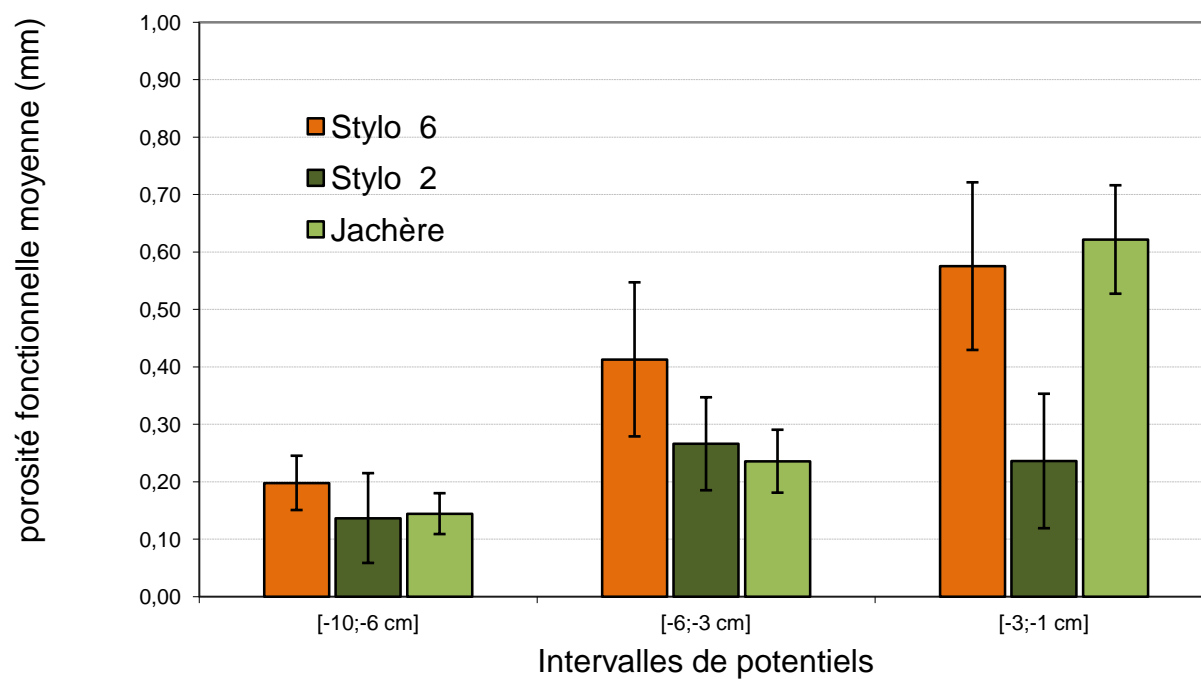


Figure 12 : Histogramme de la porosité fonctionnelle moyenne (mm) par intervalle de potentiels d'une parcelle en jachère et de deux parcelles de *Stylosanthes guianensis* (6 mois et 2 ans). Les écart-type sont notés.

la présence (voire l'identité) des autres racines dans le sol avant d'être en contact avec elles (Bais, Park *et al.* 2004; Schenk 2006 ; et références associées). Ainsi, en peuplement, les racines de *Stylosanthes guianensis* pourraient échapper à une compétition intra-spécifique forte en surface pour l'acquisition des ressources en colonisant des couches de sols plus profondes. En pratique, cette compétition pourrait favoriser ainsi la décompaction du sol en profondeur de par l'augmentation du nombre de racines en profondeur.

Bien que les diamètres moyens des racines entre les cultures en peuplement et les cultures individuelles soient statistiquement égaux, on observe des différences dans les proportions de racines pour différentes classes de diamètres. Ainsi, les cultures individuelles montrent une proportion de longueur racinaire plus importante ayant un large diamètre (supérieur à 3,0mm) que les cultures en peuplement alors que pour des diamètres moyens (entre 1,0 et 3,0mm), on observe l'inverse. Les racines fines ont pour fonction principale l'assimilation de l'eau et des nutriments alors que les racines ayant un gros diamètres ont pour fonction le transport et le stockage (Eissenstat, Wells *et al.* 2000). Ainsi, en condition de peuplement (i.e. en condition de compétition intra-spécifique), on pourrait avoir un grand nombre de racines fines et de racines de diamètre moyen pour optimiser l'acquisition de ressources alors qu'en cultures individuelles les différences de diamètres pourraient être plus marquées avec des racines très fines et des racines larges.

2. Influence de la modalité de la parcelle et de la profondeur sur la morphologie des racines

On observe en surface une dominance claire dans la densité de racine pour la parcelle en jachère, que ce soit au niveau de la DLR, de la surface, de la masse sèche ou du volume totale racinaire. Cependant cette différence disparaît avec la profondeur. En profondeur (pour la couche 50 à 60cm), au contraire, on observe une DLR plus importante pour la parcelle de Stylo à 6 mois par rapport aux autres. Ceci est cohérent avec les résultats des profils racinaires. Ainsi la capacité d'exploration des racines est bien inférieure en surface mais supérieure en profondeur dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 6 mois par rapport à la parcelle en jachère.

De plus, on peut voir que le diamètre moyen des racines de Stylo est toujours plus grand que celui de la parcelle en jachère. Or, un diamètre racinaire important permettrait d'augmenter la pression racinaire et ainsi réduire la pression à l'apex des racines. De plus, des racines avec un diamètre important peuvent produire des ruptures de tension et propager des fissures minimisant ainsi la résistance à l'élongation des racines (Materechera, Dexter *et al.* 1991).

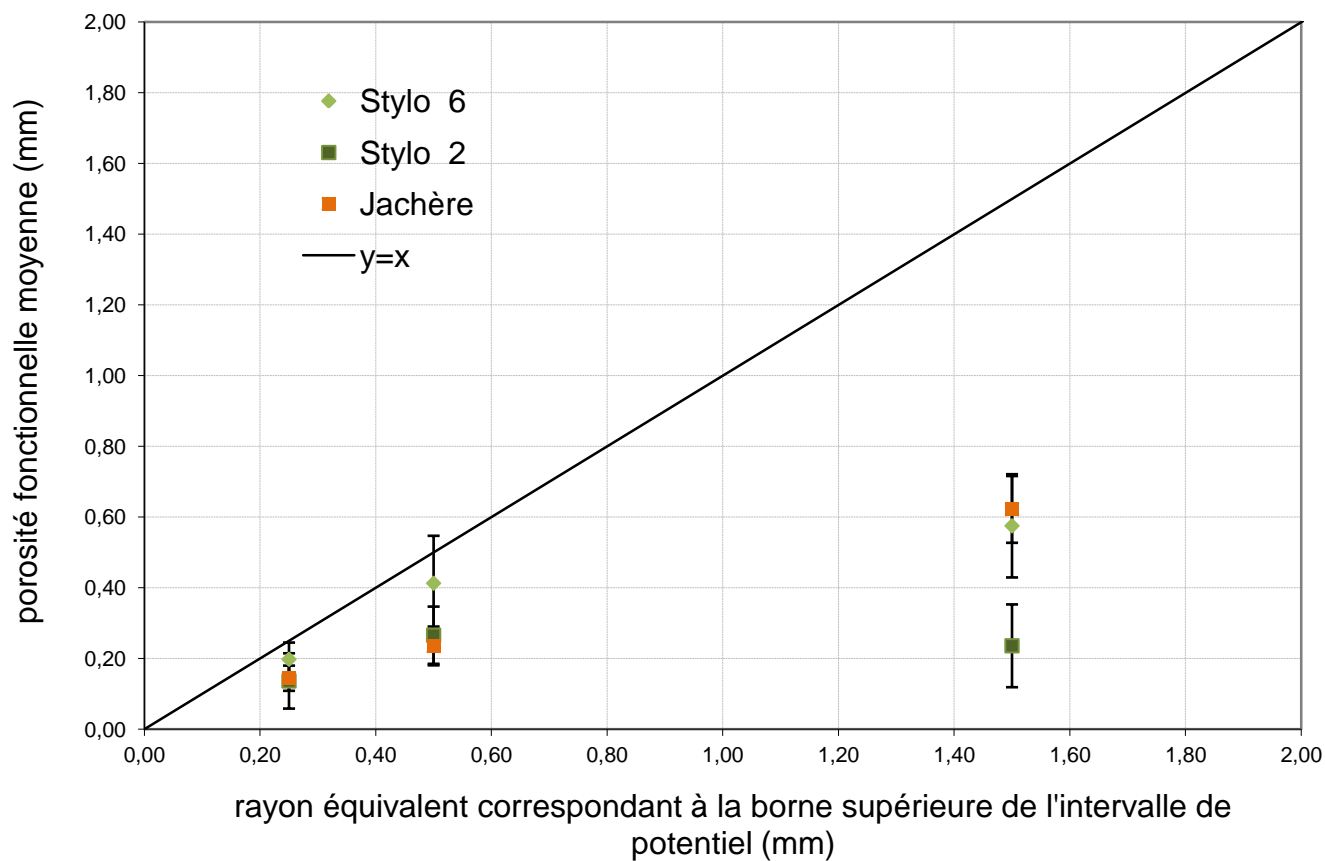


Figure 13 : Relation entre la porosité fonctionnelle moyenne (mm) et le rayon équivalent correspondant à la borne supérieure de l'intervalle de potentiel (mm) d'une parcelle en jachère et de deux parcelles de *Stylosanthes guianensis* (6 mois et 2 ans). Les écart-type sont notés.

Gooderham (1973) a obtenu des taux de pénétration meilleurs chez des espèces ayant des diamètres moyens des racines plus grands. Le diamètre moyen du *Stylosanthes guianensis* est environ 7,5x plus grand que le diamètre moyen des racines de la parcelle en jachère. Cela peut être une des raisons pour laquelle on retrouve plus de racines en profondeur chez le Stylo que dans la jachère. De plus, les porosités créées sont cylindriques. Ainsi, des racines ayant un diamètre par exemple deux fois plus important est bien plus efficace que des racines deux fois plus longues lorsque l'on prend en compte le volume des porosités créées (le volume d'un cylindre étant égal à $h \cdot \pi \cdot r^2$ avec r , le rayon et h , la hauteur du cylindre). Enfin, lorsque les racines rencontrent une couche compactée, des auteurs observent une production d'éthylène provoquant une stimulation de la croissance racinaire latérale (Chen et Weil 2010), ce qui pourrait expliquer le grand nombre de racine en surface sur la parcelle en jachère.

3. Influence de la modalité de la parcelle et de la profondeur sur les qualités physiques du sol

D'une manière générale, la densité apparente est la plus élevée sur la parcelle en jachère. Ce qui montre un état de compaction de sol plus fort sur la parcelle en jachère que sur les deux parcelles de *Stylosanthes guianensis*. De plus, on peut montrer une teneur en eau plus importante dans la parcelle de *Stylosanthes guianensis*. Ainsi, on peut émettre l'hypothèse que la densité moins importante dans ces parcelles laisse la place à des porosités plus nombreuses ou plus grosses qui permettent un stockage et une transmission de l'eau et peut-être de l'air plus importante. Cependant, les précipitations importantes pendant la collecte des données de la parcelle de *Stylosanthes guianensis* de 2 ans ne permettent pas d'être certain que la teneur en eau plus importante sur cette parcelle provienne des précipitations ou du plus grand nombre de porosités dans le sol.

4. Infiltrométrie

On n'observe aucune différence statistique entre la conductivité hydraulique de la parcelle en jachère et la parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 6 mois. De même pour la porosité fonctionnelle moyenne. Ainsi, la densité racinaire supérieure dans la parcelle en jachère en surface n'a eu d'influence ni sur la conductivité hydraulique, ni sur la porosité fonctionnelle moyenne.

La parcelle de *Stylosanthes guianensis* à 2 ans montre une conductivité hydraulique donc une porosité fonctionnelle moyenne bien plus basse que les deux autres parcelles pour des potentiels hydriques supérieurs à -0,3 kPa, c'est à dire pour des potentiels mobilisant des larges

porosités (i.e. ayant des rayons supérieur à 500 μ m). Or, dans cette parcelle, le développement du *Stylosanthes guianensis* a été fortement concurrencé par des espèces de dicotylédones. Ainsi, les racines du Stylo pourraient s'être dégradées en ne laissant que la porosité créée. On observe d'ailleurs une densité apparente plus faible dans cette parcelle que dans la parcelle en jachère, ce qui indiquerait la présence de ces porosités créées par la culture de Stylo. De plus, les porosités les plus larges étant détruites plus rapidement que les petites porosités, il est possible que les porosités créées par les racines de Stylo se soient refermées sur elles-mêmes, les rendant inutilisable pour la transmission des fluides dans le sol.

5. Conclusion

La production de biomasse de *Stylosanthes guianensis* est bien supérieure à celle constatée dans la littérature. De plus, nous avons montré qu'il permet de décompacter le sol en favorisant la création de porosités sans détruire la stratification du sol qui est source de micro-habitat pour un grand nombre « d'ingénieurs du sol ». Les porosités, si elles permettent de court-circuiter des zones de forte compaction, pourraient avoir un rôle plus important qu'une porosité créée par le labour tout en ne supprimant pas les macro-agrégats formés par l'association de micro-agrégats et de polysaccharides.

Cependant le taux de décompaction est relativement faible (environ 13,75%), et est probablement dû à un diamètre racinaire élevé. De plus, il ne résout pas le problème des ravageurs (symphytes et scolopendres) qui sont un problème majeur pour la production d'ananas (cette étude étant réalisée pour améliorer cette culture) En effet, la plantation en jachère de *Stylosanthes guianensis* n'a aucune influence sur la densité des symphytes retrouvés dans la plantation d'ananas (Bernard Dole, communication personnelle).

Néanmoins, le *Stylosanthes guianensis* a de nombreux autres usages. Il peut servir de fourrage à du bétail, il peut être broyé et dispersé sur d'autres cultures pour limiter l'apparition d'adventices, il peut être élevé en plante de couverture pour ne pas laisser un sol nu dans les cultures et enfin, il peut mobiliser de l'azote (c'est une fabacée) soit par sa plantation avant ou pendant la culture d'intérêt, soit en le broyant et en le dispersant dans les cultures. Ainsi, il présente de nombreuses autres qualités, le rendant potentiellement intéressant sur la plan agronomique, économique et environnemental. Il est maintenant nécessaire d'évaluer l'impact de sa plantation en jachère sur la culture d'ananas par rapport à un labour conventionnel.

Bibliographie

- Altieri, M. A. (1999). "The ecological role of biodiversity in agroecosystems." Agriculture Ecosystems & Environment **74**(1-3): 19-31.
- Bais, H. P., S. W. Park, *et al.* (2004). "How plants communicate using the underground information superhighway." Trends in Plant Science **9**(1): 26-32.
- Batey, T. (2009). "Soil compaction and soil management - a review." Soil Use and Management **25**(4): 335-345.
- Bronick, C. J. et R. Lal (2005). "Soil structure and management: a review." Geoderma **124**(1-2): 3-22.
- Carof, M., S. de Tourdonnet, *et al.* (2007). "Hydraulic conductivity and porosity under conventional and no-tillage and the effect of three species of cover crop in northern France." Soil Use and Management **23**(3): 230-237.
- Chen, G. et R. R. Weil (2010). "Penetration of cover crop roots through compacted soils." Plant and Soil **331**(1-2): 31-43.
- Coquet, Y., A. Boucher, *et al.* (2000). "Caractérisation hydrodynamique des sols à l'aide de l'infiltromètre à disques." Etude et gestion des sols **7**(1): p. 7-24.
- Eissenstat, D. M., C. E. Wells, *et al.* (2000). "Building roots in a changing environment: implications for root longevity." New Phytologist **147**(1): 33-42.
- FAO. "<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000070.htm>." Retrieved 25/04, 2013.
- Franke, A. C., G. Laberge, *et al.* (2008). "A comparison between legume technologies and fallow, and their effects on maize and soil traits, in two distinct environments of the West African savannah." Nutrient Cycling in Agroecosystems **82**(2): 117-135.
- Gill, W. R. (1971). Economic assessment of soil compaction. Compaction of Agricultural Soils: 431-458.
- Gooderham, P. T. (1973). Soil physical conditions and plant growth, University of Redding.
- Hamza, M. A. et W. K. Anderson (2005). "Soil compaction in cropping systems - A review of the nature, causes and possible solutions." Soil & Tillage Research **82**(2): 121-145.
- Hatano, R., K. Iwanaga, *et al.* (1988). "Relationship between the distribution of soil macropores and root elongation." Soil Science and Plant Nutrition **34**(4): 535-546.
- Homma, K., A. Mochizuki, *et al.* (2008). "Relay-intercropping of *Stylosanthes guianensis* in rainfed lowland rice ecosystem in Northeast Thailand." Plant Production Science **11**(3): 385-392.
- Hoorman, J. J., J. C. Moraes Sà, *et al.* (2009) "Fact sheet : The Biology of Soil Compaction." Crops & soils magazine, American Society of Agronomy, Ohio State University.
- Husson, O., H. Charpentier, *et al.* (2008). Fiche techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes - *Stylosanthes guianensis*, CIRAD.
- Kozlowski, T. T. (1999). "Soil compaction and growth of woody plants." Scandinavian Journal of Forest Research **14**(6): 596-619.
- Kozlowsky, T. T. et S. G. Pallardy (1972). Physiology of woody plants, Academic Press.
- Kucke, M., H. Schmid, *et al.* (1995). "A comparison of 4 methods for measuring roots of field crops in 3 contrasting soils." Plant and Soil **172**(1): 63-71.
- Lassiva, L. (2012). Comparaison des caractéristiques racinaires de 9 plantes de service en condition compactée et travaillée Montpellier, Université Montpellier 2.

- Lesturgez, G., R. Poss, *et al.* (2004). "Roots of *Stylosanthes hamata* create macropores in the compact layer of a sandy soil." Plant and Soil **260**(1-2): 101-109.
- Lipiec, J. et R. Hatano (2003). "Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth." Geoderma **116**(1-2): 107-136.
- Lipiec, J., V. V. Medvedev, *et al.* (2003). "Effect of soil compaction on root growth and crop yield in Central and Eastern Europe." International agrophysics **17**: 61-69.
- Lipiec, J. et W. Stepniewski (1995). "Effets of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients." Soil & Tillage Research **35**(1-2): 37-52.
- Materechera, S. A., A. R. Dexter, *et al.* (1991). "Penetration of very strong soil by seedling roots of different plant-species." Plant and Soil **135**(1): 31-41.
- Ostonen, I., U. Puttsepp, *et al.* (2007). "Specific root length as an indicator of environmental change." Plant Biosystems **141**(3): 426-442.
- Rasse, D. P. et A. J. M. Smucker (1998). "Root recolonization of previous root channels in corn and alfalfa rotations." Plant and Soil **204**(2): 203-212.
- Reddy, M. V., V. R. Reddy, *et al.* (1997). "Responses of earthworm abundance and production of surface casts and their physico-chemical properties to soil management in relation to those of an undisturbed area on a semi-arid tropical alfisol." Soil Biology & Biochemistry **29**(3-4): 617-620.
- Rillig, M. C., S. F. Wright, *et al.* (2002). "The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species." Plant and Soil **238**(2): 325-333.
- Rosolem, C. A., J. S. S. Foloni, *et al.* (2002). "Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction." Soil & Tillage Research **65**(1): 109-115.
- Saito, K., B. Linqvist, *et al.* (2006). "*Stylosanthes guianensis* as a short-term fallow crop for improving upland rice productivity in northern Laos." Field Crops Research **96**(2-3): 438-447.
- Schenk, H. J. (2006). "Root competition: beyond resource depletion." Journal of Ecology **94**(4): 725-739.
- Soil Science Society of America (1996). Glossary of Soil Science Terms. Madison, WI, USA.
- Thorud, D. B. et S. S. Frissell (1976). "Time changes in soil density following compaction under an oak forest." Minnesota Forestry Research Note(257).
- Vora, R. S. (1988). "Potential soil compaction forty years after logging in northeastern California." The Great Basin naturalist **48**: p. 117-120.
- Whalley, W. R., E. Dumitru, *et al.* (1995). "Biological effects of soil compaction." Soil & Tillage Research **35**(1-2): 53-68.

Annexe

Contexte de l'étude :

Ce stage à été réalisé sous la direction de M. Jean-Claude Govindin, dans l'enceinte de la station de Neufchâteau, Guadeloupe) au sein de l'équipe Fonctionnement des exploitations et amélioration des systèmes de culture pour l'ananas de l'unité propre de recherche Systèmes de culture bananiers plantains ananas du CIRAD. Les axes majeurs de l'équipe sont de comprendre le fonctionnement des systèmes de cultures et en particulier les relations au sein de l'agrosystème et leur durabilité. A travers ce stage, les objectifs étaient de réduire les impacts environnementaux négatifs (notamment les intrants), de favoriser la sécurité et l'indépendance alimentaires des pays producteurs d'ananas en améliorant la durabilité et le rendement de ces cultures. Il s'inscrit dans les axes principaux de recherche de l'unité, à savoir la détermination de l'influence des constituants du sol sur son aptitude à produire avec un minimum d'intrants. L'équipe de recherche est composé de M. Jean-Claude Govindin (agronome), M. Bernard dole (agronome), M. Mathias Servan (Volontaire du service civique) et moi-même. L'unité est sous la direction de M. Jean-Michel Risède.

Résumé

L'objectif de cette étude était de caractériser un peuplement de *Stylosanthes guianensis* (Stylo) par rapport à son comportement en évaluation individuelle et d'étudier sa capacité à instaurer de la porosité dans le sol. Pour ce faire, des caractères de la morphologie racinaires et de la qualité physique du sol ont été relevés (e.g. densité apparente, diamètre moyen) et des cartes de distribution racinaires et des relevés d'infiltrométrie ont été réalisés. Nous avons montré que le nombre d'impact racinaires en profondeur étaient supérieur dans les cultures en peuplement par rapport aux évaluations individuelles. Ceci, probablement pour échapper à une compétition intra-spécifique en surface. La densité apparente est en moyenne 13,75% moins importante dans les parcelles de Stylo que dans la parcelle en jachère. De plus, on observe un diamètre 7,5 fois plus important dans les parcelles de Stylo que dans la parcelle en jachère pour toutes les profondeurs. Enfin, les résultats d'infiltrométrie montrent un plus grand nombre de grosses porosités dans les parcelles en jachère et de Stylo à 6 mois par rapport à la parcelle de stylo à 2 ans. Compte tenu des différences de densité apparente, ces porosités pourraient s'être refermées sur elle-même, les rendant inutilisable pour la transmission des fluides.

Abstract

The main objective of this study was to characterize a population of *Stylosanthes guianensis* (Stylo) in relation to its performance in single planting and to study its ability to create porosity underground. In order to do this, we sampled several characteristic of root morphology and physical soil properties (e.g. bulk density, average diameter). Also, we produced root distribution maps and infiltrometry measures. This study shows the number of root impact below 20cm to be bigger in the Stylo population compared to the number of root impact in the single planting. It is probably due to a higher intra-specific competition near the surface. The bulk density is on an average, 13.75% higher in the fallow crop lot than in the Stylo plots. Moreover, the average diameter of the roots is 7.5 times higher in the Stylo plots than in the fallow crop plot for all depths. Finally, the infiltrometry results shows a higher number of large porosity in the 6 months Stylo plots and in the fallow crop plot than in the 2 years Stylo plot. Considering the differences of bulk density, these porosities may withdraw into themselves; thereby make them useless to liquid transmission.

Mot clefs: *Stylosanthes guianensis*, plante de service, compaction, labour, infiltrométrie, racine